

**OPTIMIZACIÓN DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN PARA
MULTINACIONALES COMERCIALIZADORAS EN COLOMBIA.**

DIANA CAROLINA PELÁEZ OTÁLVARO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Administrativa**

JAIME ALBERTO SÁNCHEZ

Msc. (C) Ing. Administrativa



ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ENVIGADO

2014

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	3
2. PRELIMINARES	7
2.1 Problema.....	7
2.1.1 Contexto y caracterización del problema.....	7
2.1.2 Formulación del problema.....	9
2.1.3 Antecedentes	10
2.1.4 Justificación	13
2.2 Objetivos del proyecto.....	15
2.2.1 Objetivo General:	15
2.2.2 Objetivos Específicos:.....	15
2.3 Marco de referencia	16
2.3.2 Marco conceptual:.....	16
2.3.3 Proceso de Jerarquía Analítica (AHP):.....	18
3. METODOLOGIA	20
4. CREACION O EXTENCION DE LA CADENA DE SUMINISTRO	22
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP.....	39
5.1 Resultados obtenidos.....	46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
7. BIBLIOGRAFIA	50

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

RESUMEN

Usualmente todas las compañías se enfrentan a un problema de ubicación multi-criterio para seleccionar las instalaciones en el momento de incursionar en un nuevo mercado, debido a que se tienen diferentes alternativas y variables que influyen en esta y se tiene como objetivo maximizar los impactos positivos para la compañía.

Para el caso de las multinacionales comercializadoras que deseen incursionar en el mercado Colombiano, es de vital importancia la selección del punto de distribución, teniendo en cuenta que, usualmente la mayoría de los productos son importados desde diferentes plantas de producción y deben ser almacenados por un tiempo mientras son embarcados a sus clientes.

En este trabajo de grado se realizó el estudio del proceso jerárquico analítico (AHP por sus siglas en inglés) y su aplicación en decisiones reales de selección de ubicación de puntos de distribución para multinacionales comercializadoras en Colombia.

Se aplicó esta metodología a una decisión que fue tomada por una multinacional con presencia en el mercado colombiano y se compararon los resultados obtenidos por ellos en su momento (2011) y los arrojados por la metodología del AHP.

Se encontró que los resultados son diferentes debido a que en el primer método usado por la Compañía no se optimizó la cuantificación de las prioridades de la multinacional en relación a cada uno de los criterios.

Palabras Clave: Multi-criterio, AHP, Ubicación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ABSTRACT

Usually, the companies are facing a multi-attribute location problem to select facilities when they enter in a new market, because they need to choose the best alternative considering different variables that help their to increase the positive impacts to the Company

Specially for multinational that want to venture into the Colombian market is very important the Distribution center selection, considering that usually most of the products are imported from different plants and must be stored for a period of time, then the customers will upload their order and the company can ship it.

In this paper you can find an evaluation about analytic hierarchy process (AHP) and its application in real decisions to locate distribution centers for multinationals in Colombia.

AHP was applied to a decision already taken by a multinational with presence in the Colombian market, and there are a results comparison between the ones obtained by them at this time (2011) and ones obtained through AHP methodology.

It was found that the results are different because in the first method used by the company they did not optimize and give the correct priority to the different variables.

Key Words: multi criteria, AHP, location

1. INTRODUCCIÓN

A menudo las compañías se encuentran en un gran dilema a la hora de decidir la ubicación de sus instalaciones, ya sean plantas de producción, puntos de venta, puntos de distribución, entre otros, por tratarse de una decisión a largo plazo que tiene implicaciones de varios tipos (financieros, crecimiento, reconocimiento, simplificación, productividad, entre otros).

En algunas ocasiones, las empresas usan algún modelo estándar, sin embargo, es muy común que se busquen las alternativas que se presentan en los mercados y se haga un estudio por parte de personas que dominan las prioridades de la compañía y las diferencias entre las alternativas, pero sin seguir ninguna metodología específica, por tratarse de una decisión que debe tener muy en cuenta: la experiencia y conocimiento de las personas conocedoras del mercado y el sector.

Con esta metodología, comúnmente usada, es difícil ponderar la prioridad que realmente se le da a los criterios de decisión, lo que genera en algunas ocasiones que las decisiones tomadas no sean las óptimas. Como solución a esto, se puede emplear el proceso jerárquico analítico (AHP por sus siglas en inglés), que ayuda a simplificar las decisiones por medio de jerarquías que cuantifican estas prioridades y preferencias, entre criterios y entre alternativas.

El AHP sugiere un mecanismo muy simple para la toma de decisiones, que se explicará y ejemplificará a detalle a lo largo de este trabajo de grado, el cual pretende dar visibilidad de una alternativa para la toma de decisiones que tenga en cuenta, además de las variables cuantitativas, las variables cualitativas que sugiere la persona o grupo que se encuentra en el dilema de la ubicación de un punto de distribución.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se tomará como base un caso de la vida real en el que una multinacional con presencia en Colombia decide centralizar su distribución en el país creando un único centro de distribución, teniendo en cuenta las variables correctas, pero sin la ponderación adecuada en el desempeño de la empresa; esto servirá como evidencia de la importancia de aplicar metodologías estándar, como lo es, el proceso de jerarquía analítica para facilitar la toma de la decisión y asegurar, que se están teniendo en cuenta todos los criterios requeridos.

2. PRELIMINARES

2.1 PROBLEMA

2.1.1 Contexto y caracterización del problema

En el transcurso de los años, se ha descubierto que una de las estrategias de crecimiento más usual es la expansión global. Esta, le brinda a las compañías la posibilidad de incursionar en mercados nuevos, de darse a conocer en diferentes regiones del mundo y de aumentar sus ventas significativamente. Para todo este proceso de expansión, se deben tomar diferentes decisiones teniendo en cuenta varios criterios directos e indirectos. Usualmente, esta toma de decisiones es complicada porque se deben tener en cuenta una gran cantidad de variables, algunas que están en el control de la compañía y otras que se salen de su control, pero que de igual manera, afectan directamente el desempeño de la compañía.

Cuando las empresas deciden aumentar su presencia geográfica o incursionar en un nuevo mercado, se enfrentan a un gran dilema, donde se deben tomar decisiones que operan a largo plazo y que difícilmente pueden revertirse, por no existir los recursos suficientes (tiempo, dinero, material, entre otros) para realizar pruebas piloto que ayuden a determinar una relación costo-beneficio confiable, esta decisión, comienza desde el mercado al que se quiere atender, ubicación geográfica, aspectos sociales, políticos y culturales de esta zona, potencial aumento de ventas, reconocimiento del mercado, competencias locales, entre otras, posterior a eso, se debe decidir si en este punto se construirán plantas productoras o se operará con centros de distribución (importando la mercancía), cuántos puntos de producción y/o distribución son requeridos, el tamaño y

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

capacidad de cada uno de ellos y finalmente, se debe decidir el lugar donde se ubicarán estos puntos. Para este tipo de decisiones, la compañía debe tener en cuenta un gran número de variables dado que muchas la afectan directamente y están fuera de su control, incluso, en algunas ocasiones fuera de su alcance analítico y éstas generan un gran impacto en el resultado total de la compañía.

En el caso de las multinacionales comercializadoras, las primeras decisiones como lo son el mercado y el área geográfica que se quiere atender y la elección entre plantas productoras o puntos de distribución, está con anterioridad dentro del plan de la compañía y en las políticas de operación de la misma; por esta razón, estas decisiones no se hacen difíciles de tomar, sin embargo, a la hora de elegir la ubicación dentro del país, al que desea incursionar, si debe hacerse un análisis muy detallado de las variables que pueden afectar el desempeño futuro.

Lo que busca una empresa es maximizar los beneficios y disminuir el riesgo de error en este tipo de decisiones tan significativas, por esto, debe evaluar si la inversión será sostenible y si generará los mejores resultados comparándola con las demás opciones, esto generalmente se hace con base en la rentabilidad esperada; pero en gran cantidad de ocasiones, las compañías caen en el error de dejar de lado otras variables que también tienen un grado de importancia significativo.

En las ocasiones en las cuales se ignoran algunas de las variables, es muy posible desaprovechar el potencial que puede generar para una compañía un punto de distribución bien situado y correctamente elegido o incurrir en impactos negativos para la compañía (costos mensuales más altos o menores niveles de ventas).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para optimizar la toma de este tipo de decisiones, se deben considerar todas las variables y evaluar la prioridad que tiene cada una de ellas para el futuro funcionamiento de la compañía, teniendo en cuenta que, no todas afectarán el proceso de la misma manera.

2.1.2 Formulación del problema

Usualmente, a la hora de tomar una decisión a largo plazo como lo es la ubicación de puntos de distribución para acceder a un nuevo mercado o simplemente acrecentar el actual, se deben tener en cuenta una gran cantidad de variables y el impacto que cada una de ellas tendrá para el desarrollo futuro de la empresa.

El objetivo principal de cualquier compañía, es generar impactos netamente positivos para el negocio, es por esto, que se deben identificar todas las variables que puedan afectar la decisión y ponderar su prioridad para los fines de la empresa; con esto, se maximiza la probabilidad de éxito y se minimiza el riesgo, especialmente de no evaluar todas las variables debidas o darles una prioridad que no esté en línea con las necesidades de la multinacional. Por medio del proceso de jerarquía analítica se le permite a las multinacionales cumplir con estos pasos los cuales le ayudan a identificar, evaluar y priorizar los criterios fundamentales para decisiones importantes, como lo es un punto de distribución.

2.1.3 Antecedentes

La ubicación de puntos de distribución, plantas de producción y puntos de venta, siempre ha sido una decisión importante para cualquier tipo de empresa, sin embargo, los estudios se han enfocado más hacia los puntos de venta, por ser más comunes este tipo de determinaciones en el día a día de cualquier empresa. Para el caso de las multinacionales, generalmente, una de las decisiones más importantes a la hora de abrir nuevos mercados o incursionar en diferentes sectores geográficos, es la selección de la ubicación de un punto de distribución, porque éste, debe ser el centro de todos los productos que desea comercializar para facilitar el proceso y disminuir costos.

En la decisión de los puntos de venta, se han realizado diferentes estudios como el de Tornatore, que de cierta manera, se asemejan a los que se proponen para los puntos de distribución, sin embargo, para éste último se deben tener en cuenta otras variables como lo son el costo de los terrenos, la facilidad de acceso, los puntos de llegada de los productos que comercializan, entre otras, que a lo largo del desarrollo del proyecto se irán encontrando y afectan directamente el desarrollo y correcta forma de la elección del punto exacto. (Tornatore, 2008)

Los estudios para la decisión de los puntos de venta han agrupado las variables en 2, las que afectan el costo y las que afectan a la demanda, podemos entender los primeros como aquellos que afectan directamente las finanzas de la compañía, como lo son: el precio de los terrenos, de los edificios, etc. y los últimos como la cercanía al mercado, la facilidad de acceso entre otros. Ambos grupos de variables, deben ser considerados también para la ubicación de los puntos de distribución. (Atlantic International University)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Adicionalmente, para este trabajo de grado, se han revisado algunas de las metodologías multi-criterios usadas para toma de decisiones, entre ellas encontramos:

- Proceso analítico en Red -ANP-: Es una técnica de toma de decisiones multi-criterio, que permite considerar variables tanto cuantitativas como cualitativas que se desarrolló en la década de los 90 por Thomas L. Saaty. Es una generalización del proceso analítico jerárquico (AHP) que permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema. (Tuzkaya, 2008) (Aznar Bellver, 2013)
- ELECTRE: Proceso analítico mediante el cual se pueden analizar diferentes alternativas, que no se diferencian fácilmente a simple vista. Se ha usado por diferentes autores, por ejemplo, para la selección de centrales térmicas. (Barda, 1990)
- MAUT: Teoría de utilidad multiatributo, donde las alternativas se evalúan de forma independiente y al final del estudio se agregan para tomar una decisión. (Aguilar, 2012). Se ha usado para seleccionar un país para una planta de fabricación. (Canbolat, 2007)
- TOPSIS: Se usa cuando se debe tomar una decisión entre diferentes alternativas que generalmente entran en conflicto. Éste se ha usado para seleccionar la ubicación de plantas (Yong, 2006)

Los problemas de este tipo (Multi-criterio) son muy comunes en el día a día, tanto de las compañías, como de las personas naturales, es por esto, que con el paso del tiempo se han vuelto más comunes e importantes estos métodos que se enfocan en la solución de este tipo de problema.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Durante la última década, el proceso jerárquico analítico (AHP) se ha convertido en uno de los métodos más usados para la solución de problemas multi-criterio, diversos autores se han basado en este, para la generación de modelos y la toma de decisiones importantes como lo son, decisiones de ubicación (Haghani, 1991), ubicación de instalaciones aeroportuarias (Honey, 1994), Ubicación de industrias en Irán (Tofigh, 1996), dirección de operaciones (Partovi, 1990), entre muchas otras.

Lo que busca el proceso jerárquico analítico es simplificar la toma de decisiones multi-criterio, que generalmente, se torna confuso y complicado para las personas encargadas de estas decisiones por la cantidad de variables a ser consideradas y la relación de cada una de ellas con la compañía.

Adicionalmente, se ha estudiado un caso de modelación del libro de Sunil Chopra y Peter Meindl "Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y Operación" en la cual se busca optimizar la ubicación y características de las plantas de producción, lo cual también, está muy relacionado con la distribución y la cadena de suministro especialmente de multinacionales comercializadoras teniendo en cuenta que ambas decisiones forman parte vital de la creación de la cadena de suministro de estas compañías. (Chopra & Meindl, 2008)

2.1.4 Justificación

La metodología AHP es muy sencilla, fácil de implementar y muy útil para el tipo de decisiones multi-criterio porque evalúa diferentes opciones elegidas con anticipación y la influencia que éstas tienen en la decisión final, priorizando sus impactos para elegir la mejor alternativa. AHP se ha elegido para el desarrollo de este trabajo de grado por su simplicidad comparado con otras metodologías, y adicionalmente, porque cualquier multinacional podría implementarlo fácil y rápidamente obteniendo los resultados esperados.

La implementación de la metodología AHP, generará visibilidad de una manera fácil, ágil y segura, a las multinacionales comercializadoras colombianas, y aquellas que incursionarán en el mercado nacional. Del impacto, que la toma de una decisión como lo es la ubicación de un punto de distribución, puede generar en el largo plazo para el negocio, con el fin de minimizar el riesgo de fracaso y maximizar la probabilidad de éxito.

Esta visibilidad fácilmente, puede convertirse en la base para la toma de decisiones pues evaluará las opciones consideradas y la prioridad que cada empresa les dará a ellas.

Además, de variables financieras, el modelo evaluará otro tipo de variables que puedan afectar el entorno general para asegurar el correcto desarrollo de la empresa, no sólo en su negocio, sino con relación a los demás entes que puedan verse afectados con este tipo de decisiones.

Esta metodología le brindaría a las compañías un “plus” que genera mayor seguridad en la toma de decisiones importantes y disminuye el riesgo de perder dinero por tomar las decisiones equivocadas. Por esta razón, para la EIA, sería muy importante poderle brindar esta oportunidad a las multinacionales comercializadoras que lo requieran, debido a que se daría

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

a conocer e incluso podría generar mayor cercanía y preferencia por los estudiantes de esta Universidad. Adicionalmente, hacia el interior de la Universidad, es la oportunidad de crear grupos de investigación enfocados en logística, área que no está muy desarrollada, de ampliar la cantidad de campos y énfasis que los estudiantes pueden elegir y con los que se pueden relacionar durante su desarrollo académico; teniendo en cuenta, que es un sistema base y fundamental en el mercado actual.

Para el investigador que realice este modelo, será gratificante simplificar un proceso que se hace tan frecuentemente, en cualquier multinacional; además, de dar visibilidad, disminuir costos, disminuir riesgos, de generar simplificación y optimización de procesos, puede conseguir experiencia en esta esfera de actuación -Logística-.

2.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.2.1 Objetivo General:

Implementar un modelo basado en el proceso analítico jerárquico (AHP), que permita simplificar la evaluación y priorización de variables importantes para la optimización de la ubicación de puntos de distribución en multinacionales comercializadoras de Colombia.

2.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar las variables que puedan afectar la toma de decisiones para la ubicación de un centro de distribución.
- Aplicar la metodología de AHP teniendo en cuenta las diferentes variables halladas con el fin de priorizarlas de acuerdo con los requerimientos de la compañía, con el fin de maximizar la probabilidad de éxito.
- Generar matrices por pares que ponderen las variables encontradas con la prioridad dada en cada caso para dar visibilidad de la mejor decisión.
- Comparar el resultado con una decisión real de una multinacional comercializadora en Colombia.

2.3 MARCO DE REFERENCIA

2.3.2 Marco conceptual:

El tipo de metodología que se desea implementar facilitará el proceso de la toma de decisiones, dando visibilidad de las variables, que generalmente, las empresas pasan por alto, y que, afectan directamente el correcto desarrollo de una decisión importante. Sin embargo, no será el único referente que debe tener una empresa a la hora de seleccionar un punto de distribución (lugar donde llegan los productos, se almacenan, y posteriormente, se embarcan a los clientes). Este modelo se enfoca principalmente en multinacionales comercializadoras (aquellas que se encargan de adquirir productos, almacenarlos, y posteriormente, venderlos) dado que estas son las que deben centralizar la distribución de su inventario. No obstante, se pueden usar como referente, estudios que se hayan realizado para determinar la ubicación de plantas de producción, puntos de venta y otros puntos de interés, por tratarse de pares en otro tipo de compañías.

Para este tipo de decisiones, se deben tener en cuenta grupos de variables importantes que determinan indudablemente el éxito o fracaso de la entrada en un nuevo mercado o del crecimiento de las actividades operativas de la multinacional. Es decir, se deben tener en cuenta: costos, impactos, sector, área geográfica, target de consumidores, ubicación de clientes, objetivo de la empresa; al igual que, la incertidumbre en tasas de cambio, fletes, en variación de la demanda, fallas operativas, entre otras.

Del mismo modo, se debe tener en cuenta la importancia y el impacto que tendrá cada uno de ellas en el desarrollo de la compañía, teniendo presente que cada empresa se rige por pilares diferentes y tiene una estructura única, que lo diferencia de sus competidores en el mercado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Usualmente, a la hora de tomar estas decisiones, las multinacionales se enfocan en algunas variables que se estudian muy bien y se abordan de la mejor manera, sin embargo, para una exitosa ubicación se deben tener en cuenta dos puntos adicionales:

- Aquellas variables que no dependen de la compañía, pero que pueden llegar a afectar su desempeño, tanto como lo hace una que depende directamente de la empresa. Como lo son: el crecimiento de la industria, impactos a la comunidad, impactos ambientales, etc. Estos criterios se deben evaluar y revisar porque pueden afectar directamente los pilares de la compañía, por ejemplo, la demanda de las ventas, capacidad limitada e insuficiente, huelgas comunales, entre otros.
- El impacto que cada uno de los criterios que se están considerando tendrá en la compañía, deben priorizarse objetivamente los resultados obtenidos de cada uno y ponderar para poder tomar la decisión, es decir, puede que dos de las alternativas estudiadas tengan un impacto muy positivo, sin embargo, se debe elegir la que más impacto positivo tenga en el negocio.

Es por esto, que este modelo ayudará a dar visibilidad de los riesgos y las oportunidades que se puedan generar a la hora de abrir un nuevo centro de distribución, que para las multinacionales - comercializadoras, es una variable fundamental del desarrollo de la compañía. Después de ingresar unos datos bases que harán que cada uno de los estudios, se adapte a las generalidades de la empresa, a las alternativas anteriormente evaluadas y las variables que se deben tener en cuenta.

El propósito del modelo no es “decirle exactamente” a la empresa donde debe ubicar su centro de distribución, sino ayudar a visualizar cuál de las opciones que se están teniendo en cuenta puede ser la mejor, mezclando

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

la optimización de las variables a considerar y su prioridad para la compañía.

Se debe tener en cuenta que, este trabajo de grado, se enfoca en la selección del punto de distribución, después de que la compañía ha tomado la decisión del país en el que se abrirá mercado y de otras decisiones como: si construir plantas productoras o funcionar por el concepto de comercializadora (importar los productos, almacenarlos y posteriormente venderlo a los clientes).

2.3.3 Proceso de Jerarquía Analítica (AHP):

El proceso de jerarquía analítica es un método para toma de decisiones multi-criterio que se ha implementado con mucha fuerza durante la última década, por diversos autores, como se ha descrito a lo largo del documento.

“Este proceso esta diseñado para casos en los que las ideas, sentimientos y emociones se cuantifican con base en juicios subjetivos para obtener una escala numerica para dar prioridades a las alternativas de decisión” dice Tanha en su libro Investigacion de Operaciones (Tanha, 2012)

AHP se ha posicionado como uno de los métodos más comunes en solución de problemas multi-criterio, porque simplifica el proceso de toma de decisiones para la persona encargada; permitiendo convertir una estructura compleja en una jerarquía simple, proporcionándole así, evaluar gran cantidad de variables cuantitativas y/o cualitativas que influyen en la toma de la decision. (Badri, 1999) (Fernández, 2009)

Es muy usual, que se combine la jerarquía analítica con la programación matemática, para la solución de problemas, especialmente cuando se habla de asignación de capacidad de los puntos a localizar.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En este trabajo de grado, se seleccionó este método teniendo en cuenta que, se puede generar un modelo simple, fácil de entender y que brinda a las compañías: visibilidad y recomendaciones de la decisión que se debe tomar, cuando se tienen varias alternativas de ubicación para un punto de distribución.

Para estos modelos, inicialmente se identifican los criterios que se tendrán en cuenta y las posibles alternativas para la decisión, y con estos se determinan factores de ponderación, por medio de matrices de comparación por pares, teniendo en cuenta las prioridades de cada compañía, para considerarlos dentro del proceso de selección.

Para evaluar la importancia de los criterios, en el proceso de jerarquía analítica se usa una escala discreta de 1 a 9, en el que $a_{ij}=1$ significa que i y j son igualmente importantes y $a_{ij}=9$ indica que i es extremadamente más importante que j ; Posteriormente, se compartirá la escala de importancia que se tendrá en cuenta para este trabajo de grado.

A cada una de las matrices por pares encontradas se les debe evaluar su nivel de consistencia, es decir, que la medida de prioridad que le dio la persona a tomar la decisión sean coherentes, para poder determinar esto, existe una medida cuantificable así:

$$CR = CI/RI$$

Donde CR es el índice de consistencia de la matriz por pares, y RI es el índice de consistencia aleatoria de la matriz por pares.

Con esto tenemos que si $CR \leq 0,1$, el nivel de inconsistencia se puede aceptar, de lo contrario, se debe pedir que se vuelvan a evaluar los criterios de importancia para obtener una matriz más consistente. (Tanha, 2012)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo de grado se realizó con base en artículos, libros, investigaciones y páginas web, donde se analizaron inicialmente los métodos usados por diferentes autores para la selección de puntos específicos, teniendo en cuenta múltiples criterios y la metodología para abordar este tipo de problemas (ubicación), especialmente, usando la metodología de jerarquía analítica.

Posterior a esto, se estudió en detalle el proceso propuesto en el libro “Administración de la cadena de suministro” (Chopra & Meindl, 2008) para las decisiones sobre diseño de redes, donde se definen cuatro fases específicas. Este trabajo de grado, se enfocará en la cuarta “Opciones de Ubicación”, teniendo en cuenta que, las otras tres ya deben estar definidas por la multinacional que desee hacer uso del modelo para tener visibilidad del beneficio de cada una de las alternativas consideradas.

Paralelo a esto, se realizó un acercamiento al sector real con personas involucradas directamente de la ubicación de un punto de distribución de una multinacional con presencia en el mercado colombiano, con el fin de tener una mejor perspectiva, no solo teórica, sino práctica de las variables que deben ser consideradas. Este caso específico, posteriormente, se verá evaluado con la metodología propuesta por este trabajo de grado para comprobar su efectividad, evaluar posibles errores que se pueden cometer en estas situaciones, etc.

Para el punto anteriormente descrito, también se realizó una investigación y acercamiento al funcionamiento de la multinacional en estudio, con el fin de, entender sus prioridades y su forma de operar, dado que estos son los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

principios que propone considerar la jerarquía analítica y que otras metodologías, en algunas ocasiones, no consideran.

Después, se presentará una propuesta de un árbol de decisión con criterios específicos (Mix entre los encontrados teóricamente y los visualizados en el caso del sector real) del que se desplegarán matrices por pares, resultado del proceso analítico jerárquico, que permitirán realizar una ponderación de todos los criterios en consideración, y sus impactos para la compañía particular.

Esta metodología propuesta se presentará a una de las personas involucradas en el área de logística de una multinacional colombiana con el fin de que proporcione la información necesaria para el uso del modelo, obtener los resultados y analizar si éstos están en línea con la decisión final que se debería tomar.

Finalmente, se hará un análisis de la metodología implementada comparada con la decisión tomada en el pasado, con el fin de definir si es óptimo para este tipo de decisiones o si se deberá tener en cuenta algo adicional para maximizar la probabilidad de éxito de la empresa.

4. CREACIÓN O EXTENSIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Según Chopra y Meindl, a la hora de incursionar en un nuevo mercado o de iniciar un negocio que abarque diferentes puntos de venta, se deben tomar diferentes decisiones para la configuración de la cadena de suministro; se pueden identificar 4 pasos importantes que son: a) Papel de las instalaciones, b) Ubicación de las instalaciones, c) Asignación de la capacidad, y d) Asignación del mercado y la oferta. (Chopra & Meindl, 2008)

A continuación, se analizará cada uno con base en las multinacionales comercializadoras en Colombia con el fin de tener una perspectiva más clara de lo que se realiza, antes y después de la selección de un punto de distribución, y así, poder identificar diferentes causas y/o consecuencias que puedan afectar la decisión.

- **Papel de las instalaciones:** *¿Qué papel va a desempeñar cada una? ¿Qué procesos se van a realizar en cada instalación?.* Generalmente, esta es una decisión que se toma al inicio de la operación de la compañía, incluso en algunas ocasiones antes de esto, debido a que, es la base de la cadena de suministro, es decir, se debe saber como se quiere operar para poder comenzar con la planeación e implementación de todos los puntos necesarios. Para el caso de incursionar en diferentes mercados, usualmente, se usa la misma estructura que ya la empresa ha diseñado y ha venido utilizando desde el inicio. Esta decisión influye en la flexibilidad que tendrá la cadena para cambiar su forma de satisfacer la demanda.

- **Ubicación de las instalaciones:** *¿Dónde deben estar ubicadas?.* Este punto tiene varias ramas y momentos, debido a que se puede entender como instalaciones: una planta de producción, un centro de distribución, un punto de venta, etc. Y cada uno de estos, juega un papel muy importante en diferentes puntos y momentos de la cadena de suministro. Es una decisión importante por tener un impacto a largo plazo, debido a que el costo de cerrar o trasladar una ubicación es muy alto, por lo que no se hace muy a menudo. Una buena decisión puede aumentar la capacidad de respuesta de la planta a sus consumidores, a un costo bajo, mientras que una mala decisión puede poner una barrera para el desempeño eficiente de la cadena de suministro.
- **Asignación de la capacidad:** *¿Cuánta capacidad debe asignarse a cada instalación?* Esta es una decisión difícil de tomar al inicio del funcionamiento de la compañía debido a la incertidumbre de la prosperidad y desarrollo del negocio, sin embargo, ésta se debe tomar basada en costos, pronósticos de crecimiento, visión de la empresa, análisis de mercados, temas tributarios, entre otros. Una mala decisión en este punto, podría generar capacidad ociosa que se traduce en costos más altos o pérdida de ventas por incapacidad de soportar la totalidad de la demanda del mercado.
- **Asignación del mercado y la oferta:** *¿Qué mercados debe atender cada instalación? ¿Qué fuentes de suministro deben alimentar cada una?.* Después de la selección de ubicación y el conocimiento de los mercados a los cuales se pretende atender, se debe asignar desde que punto se cubrirá la demanda de los diferentes mercados; esta, es una decisión que está muy de la mano con la asignación de la capacidad y que en algunos casos se pueden tomar en conjunto, por ejemplo, las plantas de producción pueden estar diseñadas para atender a la

demanda pronosticada para los próximos 10 años (teniendo en cuenta el crecimiento del mercado) de un país y en base a esto, se le asigna la capacidad a la planta, en este caso, primero se asignó el mercado y la oferta a la que atenderá la planta de producción, y posteriormente, se le asignó la capacidad que requiere. Este proceso puede resultar riesgoso, pero a la vez, puede resultar muy eficiente en cuanto a costos debido a que se asegura que la capacidad asignada es la que realmente va a requerir el negocio, pero, por otro lado, se corre el riesgo de una diferencia entre lo pronosticado y el crecimiento real, porque la producción no sea suficiente para suplir la demanda del mercado. Se debe tener en cuenta que esta decisión puede ser modificada con mayor facilidad que las anteriores y que se deben realizar análisis periódicos para optimizarla durante el funcionamiento de la compañía.

Para el caso de multinacionales se puede asumir que el **“Papel de las instalaciones”** está definido, debido a que estas tienen una estructura ya determinada que se extiende a medida que van incursionando en nuevos mercados; es decir, es una decisión que se ha tomado poco después de la creación de la compañía o incluso antes de esta. Después, usualmente se define la creación y ubicación de plantas de producción, basados en los puntos a donde se espera llegar y la demanda que se pronostica suplir. A pesar de esta planeación inicial de plantas de producción que realiza toda “empresa productora” y potencial multinacional a la hora de iniciar su funcionamiento, no se debe dejar a un lado la creación y ubicación de diferentes puntos de distribución, teniendo en cuenta que aunque la capacidad de las plantas sea suficiente para suplir los mercados esperados, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Con una misma planta de producción se pueden atender diferentes mercados, lo cual reduce costos fijos, variables y logísticos, sin

embargo, para que esta estructura funcione bien, se debe tener un punto intermedio en el que se pueda almacenar producto con el fin de asegurar el suministro adecuado para cumplir con la demanda requerida por clientes de los diferentes mercados, mitigando un poco el riesgo del comportamiento y variabilidad que pueda presentar el mercado.

2. Las distancias que se deben recorrer desde la planta de producción hasta el mercado que se desea cubrir, generalmente son grandes, por lo cual existe un riesgo de no cumplir con los tiempos y cantidades esperadas por el consumidor, es decir, no se tendría la capacidad de reacción necesaria para mantener buenas relaciones con los clientes.
3. No siempre existe la posibilidad de construir plantas de producción cercanas a todos los mercados que se desea atender, por cuestión de costos y capacidad de las máquinas de producción.
4. Por estrategia de marca, el mercado se puede extender rápidamente, sin dar tiempo para la construcción de nuevas plantas de producción; adicional, no se tiene seguridad de la reacción del nuevo mercado, por lo que se correría un riesgo extremadamente grande si se decide instalar una nueva planta productora.

Después de esto, la decisión que debe tomar la compañía es “**La ubicación de las instalaciones**”, se debe tener en cuenta que existen diferentes tipo de instalaciones que contruyen la totalidad de la cadena de suministro, tales como plantas de producción, puntos de distribución, puntos de venta, etc.; al enfocarse en las multinacionales comercializadoras, generalmente, no hace falta llegar hasta los puntos de venta, teniendo en cuenta que los productos de este tipo de empresas son

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ofrecidos al cliente final por medio de otras empresas ya consolidadas y con sus puntos de venta determinados (Cadenas de supermercados, tiendas, etc.). Con base en esto, se deben evaluar las otras instalaciones, tales como plantas de producción y puntos de distribución, para efectos de este trabajo de grado, se trabajará con más detalle la selección de los diferentes puntos de distribución para facilitarle a las multinacionales decisiones como ingreso a nuevos mercados o reducción de costos, via disminución de plantas productoras; esto a su vez, puede ayudar a disminuir errores en la selección que pueden tener grandes impactos en el funcionamiento y costos de la compañía.

Después de elegir la ubicación de las instalaciones, se debe realizar la **“Asignación de la capacidad”**, tanto a las plantas de producción como a los puntos de distribución con el fin de poder cumplir con las necesidades de la compañía (requerimientos del cliente) sin generar espacios o capacidad ociosa, que al final, se convierten en costos innecesarios (fijos y variables). Para esto, se debe contar con un estudio detallado del mercado al que se desea incursionar, del sector en el que se pretende jugar, el público al que se desea llegar, y la variabilidad de estos puntos en el tiempo; con el fin de planear una demanda aproximada y usarla como base para la planeación de la capacidad a largo plazo de las plantas de producción. Con relación a los puntos de distribución, se debe tener en cuenta a cuales mercados desea atender cada uno y que frecuencia se tendrá desde las respectivas plantas de producción para estimar el volumen máximo que deben almacenar.

Finalmente, para **la asignación del mercado y la demanda** en el caso de las multinacionales, se ha realizado antes de la selección de la capacidad por tratarse de un factor fundamental para decidir el tamaño y capacidad de la planta de producción y/o centro de distribución. Sin embargo, se debe

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

tener en cuenta que, este factor es vivo y puede modificarse a conveniencia de la compañía cuando sea necesario.

Generalmente, lo que busca la ubicación de un centro de distribución es atender a un mercado específico, minimizando la complejidad de tener diferentes plantas de producción, por lo cual, a la hora de tomar la decisión de implementar este punto, ya se sabe cual es el mercado que se desea atender. Con base a esto, se estima la demanda a un tiempo determinado, teniendo en cuenta, el desarrollo del mercado y otras variables que puedan afectar directamente las ventas y/o capacidad requerida por la compañía.

Para estas cuatro (4) decisiones importantes que se deben tomar se puede considerar el uso de los modelos que se han explicado a lo largo del documento. Para fines de este trabajo de grado, se estudiará a profundidad la selección de la ubicación de las instalaciones basado en el proceso jerárquico analítico, teniendo en cuenta las diferentes variables que se describirán posteriormente; sin embargo, vale la pena destacar que este método puede ser usado para las otras tres (3) decisiones.

Para el análisis de las variables a estudiar, se realizaron dos procesos con el fin de tratar de cubrir en su totalidad cualquier zona no identificada en alguno de los dos.

Información teórica:

En primera instancia se estudiarán cuatro fases (*Véase Figura 1*) de decisión para el diseño de la red global expuestas en el texto de Chopra y Meindl. Para el interés de este trabajo de grado, nos centraremos en la fase número cuatro. Sin embargo, vale la pena describir cada una de ellas considerando la influencia en la decisión de incursionar en un nuevo mercado y esto afecta directamente la selección de los puntos de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

distribución que complementan la cadena de suministro. (Chopra & Meindl, 2008).

Fase I: Definir la estrategia y diseño de la cadena de suministro: En esta primera fase se debe evaluar el mercado al cual se quiere incursionar, la competencia que existe allí y la que potencialmente existirá, la capacidad de satisfacer los requerimientos de los consumidores de este mercado, el capital que se deberá invertir para este proceso, los retornos esperados, potencial crecimiento, entre otros factores que afectan la estrategia competitiva de la compañía.

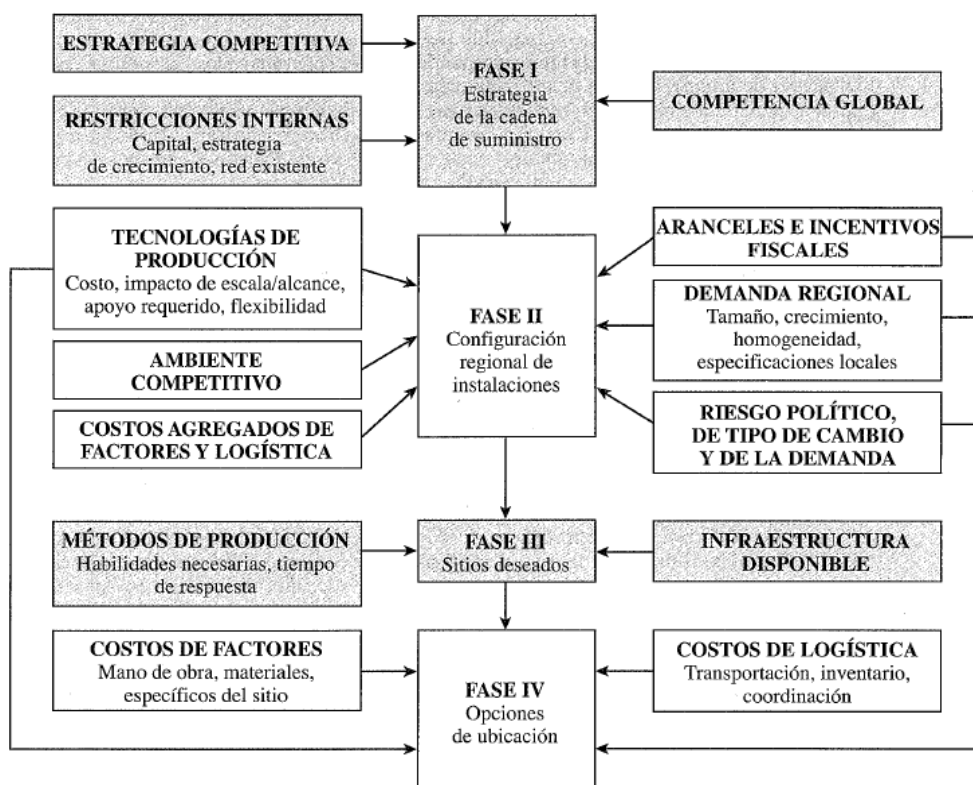


Figura 1. "Fases de decisión para la ubicación de nuevas instalaciones" Fuente: "Administración de la cadena de suministro" (Chopra & Meindl, 2008)

Fase II: Definir la configuración regional de las instalaciones: Después de evaluar la viabilidad de incursionar en el nuevo mercado, se debe decidir

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

en que región se ubicarán las instalaciones, su capacidad aproximada y la estrategia que se usará en este mercado para el correcto funcionamiento y desempeño de la compañía, asegurando poder brindarle al consumidor lo que requiere. En este paso, es necesario tener presente los costos tecnológicos, ubicación de compañías competidoras, flexibilidad requerida y posible, impuestos, situación política y económica de la región, comportamiento de la demanda regional y potencial crecimiento de la misma.

Fase III: Seleccionar un grupo de sitios potencialmente deseables: En esta fase se deben elegir puntos que podrían ser los elegidos para ubicar las instalaciones considerando la disponibilidad de transporte, de infraestructura, de comunicación, de servicios, de mano de obra, etc., con el fin de reducir las alternativas que posteriormente se analizarán en la siguiente fase.

Fase IV: Opciones de ubicación: Finalmente, en esta fase se debe tomar la decisión de la ubicación de las instalaciones, se deben evaluar diferentes factores para cada una de las alternativas resultantes de la fase anterior y con base en esto, tomar la decisión de cual es el punto óptimo para situar el punto de producción y/o distribución. En esta fase, se enfoca este trabajo de grado, con el fin de dar la posibilidad de ponderar los diferentes criterios de acuerdo con las necesidades y prioridades de cada compañía; posteriormente, volveremos a retomar esta fase de decisión, con el fin de realizar un análisis por medio del proceso jerárquico analítico que facilite la toma de esta decisión.

Diferentes autores han usado una estructura muy similar a ésta con algunas diferencias en su presentación; a continuación se observa una estructura propuesta por I. Fernández en el 2009 (Fernández, 2009) (Veáse Figura 2).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

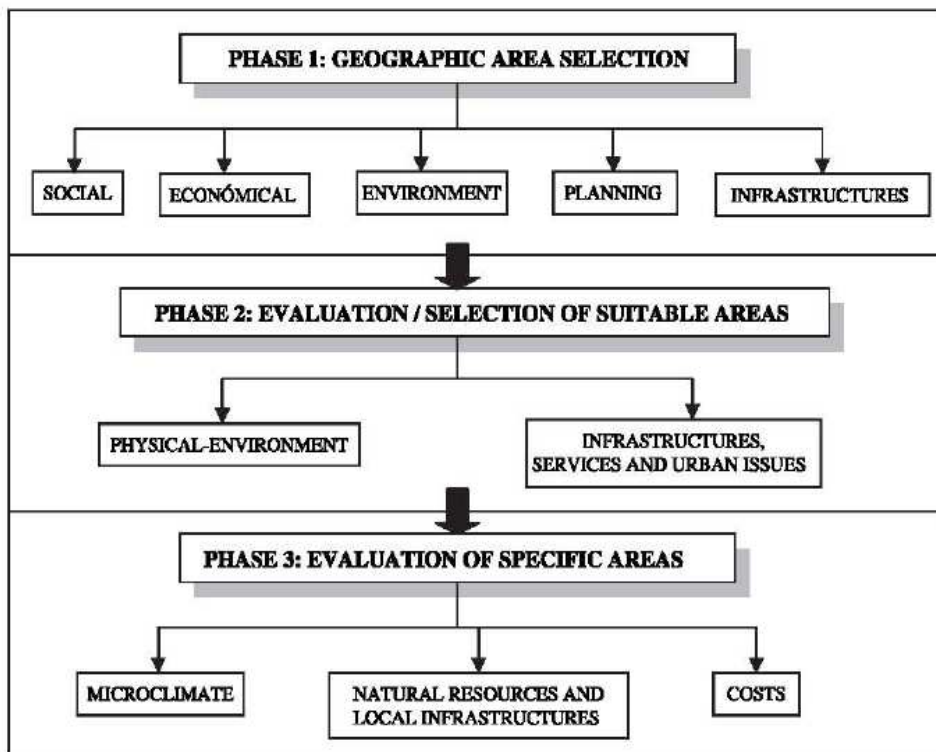


Figura 2. “Estructura jerárquica de variables” Fuente: “Journal of cleaner production” (Fernández, 2009)

En este caso, solo se enumeran tres fases. Si se compara con el modelo propuesto por Chopra y Meindl se puede identificar que en este nuevo diagrama, se consolidan la fase I y II y se convierten en una sola (1), sin embargo, no se le da tanta importancia a la competitividad del mercado, es decir, este modelo comienza después de haber seleccionado la estrategia de la cadena de suministro, tomando los puntos importantes de esta decisión en la nueva Fase 1.

Información Práctica:

Para este trabajo de grado, se realizó un estudio de la decisión tomada por una multinacional comercializadora para la ubicación de su centro de distribución. Sin embargo, por normas de confidencialidad de la compañía no se publicará el nombre real de la multinacional, ni de las alternativas que consideraron para la toma de esta decisión, a partir de ahora la empresa será denominada Empresa A y las alternativas de ubicación serán llamadas 1, 2 y 3.

Esta multinacional comercializadora tiene presencia en Colombia y ofrece productos de aseo, tanto personal como del hogar, incursionando en sectores como: cuidado del cabello, detergentes, suavizantes, desodorantes, cuidado oral, eliminación de baterías, entre otros. Considerando la cantidad de mercados a los que atiende la compañía, se le hace necesario estar en constante crecimiento y optimización de recursos, con el fin de ser competitiva ante sus rivales en cada uno de los sectores.

La empresa A cuenta con diferentes plantas productoras alrededor del mundo, de donde se importan los productos que esta multinacional comercializa dado que su estructura permite que varios mercados independientes se cubran desde una misma planta. Para poder atender este formato de negocio, se debe tener en cada mercado un punto de distribución donde llegan los inventarios importados desde los diferentes países (México, Brasil, China, Alemania, Colombia, EEUU, entre otros), se almacenan y se disponen para entregarse a los clientes cuando así lo requieran.

Para el caso de Colombia, la compañía cuenta con una planta productora en una de las principales ciudades del país, donde fabrica algunos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

productos que representan aproximadamente el 40% de sus ventas en Colombia y se exportan productos para gran parte de Latinoamérica.

Anteriormente (antes del 2011), esta compañía contaba, además de la planta, con tres centros de distribución, dos de ellos ubicados en la misma ciudad de la planta productora y el tercero, en otra de las grandes ciudades de Colombia. Por el comportamiento del mercado y la operación de la compañía, se descubrió que uniendo estos tres puntos se podrían simplificar el proceso de importación y ventas, disminuir costos, y tener un mejor control del negocio.

Basados en este descubrimiento, en el 2011, se tomó la decisión de construir un único centro de distribución que fue ubicado en municipio colombiano cercano a la ciudad donde se ubica la planta productora. Actualmente, allí se centralizan la recepción, acomodación, almacenamiento y embarque de productos, tanto importados como nacionales.

Los productos importados se transportan por vía marítima, especialmente por el Océano Atlántico, y en algunas ocasiones por el Océano Pacífico. Cuando los contenedores llenos de los productos llegan al puerto: Cartagena o Buenaventura, según el caso, éstos son embarcados en camiones que los transportan hasta el centro de distribución. Allí se reciben los productos importados, se almacenan y se verifica que el estado de éstos sea óptimo para los consumidores, y posteriormente, se embarcan de nuevo en camiones para ser entregado a los clientes, cuando estos lo soliciten.

Para los productos nacionales, se envían camiones constantemente cargados de producto desde la planta hasta el centro de distribución donde son almacenados y revisados antes de ser embarcados para entrega a

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

clientes. Para este transporte, se cuenta con una secuencia de camiones que todo el tiempo están haciendo el recorrido Planta - Centro de distribución - Planta, con el fin de tener el abastecimiento necesario del prooducto en condiciones adecuadas para cumplir con los requerimientos de los clientes.

Para la decisión de esta reducción de puntos de distribución de la empresa A se analizaron diversas variables que afectaban directamente el funcionamiento de la compañía. Si se compara con la teoría nombrada anteriormente, esta decisión estaría situada en la fase IV teniendo en cuenta que ya se tenía presencia en el mercado colombiano y por ende conocimeinto del mismo, por lo que se situaron los potenciales sitios de ubicación y luego se hizo un análisis para identificar cual de éstos representaba la mejor opción.

Las variables importantes para esta decisión en la empresa A fueron:

Costos de construcción / acomodación: Esta es la inversión más grande que debe realizar la compañía para comenzar con el proceso de ubicación de un nuevo punto de distribución. Existen dos opciones para comenzar la operación: una de ellas, es construir el punto de distribución desde cero, adquiriendo un terreno con las características, ubicación y dimensiones requeridas y comenzar a construir el centro de distribucion basado en los requerimientos del negocio; la otra, es adquirir una estructura que ya esta construida y que permita ser acomodada a los requerimientos de la empresa. Esta es una decisión que debe ser tomada por la compañía de acuerdo con las opciones que se le presenten en el momento de la selección. Cabe resaltar que, no siempre esta inversión será tan alta, ni 100% al inicio del proyecto, debido a que en algunas ocasiones, la renta de los puntos de distribución son una opcion viable y que se pueden evaluar diferentes medios de financiación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tamaño / Capacidad: Este es un punto que se debe revisar muy detalladamente, porque al inicio del proyecto, en algunas ocasiones, no es tan fácil estimar el crecimiento de demanda del mercado. Para el caso de la multinacional en estudio, no fue así, puesto que se tenía un conocimiento previo y confiable del mercado por su presencia y esto podría causar sobrecostos significativos en el mediano o largo plazo por no tener el espacio requerido para el funcionamiento. Sin embargo, en caso de sobre estimar la demanda, esto generará, de igual forma, impactos negativos durante el funcionamiento de la compañía, considerando que la inversión inicial será mayor, y que los costos variables, también lo serán dejando espacio ocioso en el centro de distribución.

Costo y disponibilidad de mano de obra del sector: Se debe evaluar el costo que deberá pagar la compañía por las personas que van a laborar en el centro de distribución y la disponibilidad de personas óptimas para prestar este servicio. En algunas ocasiones, esta variable, suele dejarse por fuera, sin embargo, es vital para la flexibilidad de la operación, la capacidad de reacción y la viabilidad financiera de la compañía.

Costo de Transporte: Se debe evaluar el costo que debe asumir la compañía por la operación normal de la mercancía que desea comercializar, este varía de una región a otra y de un punto a otro; es de vital importancia considerar que se requiere transporte para la importación de productos, y para el posterior despacho a clientes.

Medios de transporte: Es necesario definir la forma como se realizará el transporte de los productos, tanto desde las plantas productoras hasta el centro de distribución, como desde el centro de distribución a los clientes. Es de vital importancia que estos medios sean flexibles y que tengan accionabilidad ante un cambio drástico de demanda y/o condiciones de operación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Situaciones de emergencia: Es importante conocer como se podría accionar al tener situaciones de emergencia o fuerza mayor, que requieran modificar el proceso normal.

Distancia a puntos de interés: Este punto está muy relacionado con el costo de transporte, sin embargo, también evalúa la capacidad de reacción y la flexibilidad que se tiene en el proceso; la idea es evaluar la distancia y el tiempo requerido entre el centro de distribución y sus principales puntos de interés (principales clientes, plantas de producción, puertos, aeropuerto, entre otros)

Comunidad que rodea el sector: A la hora de construir una nueva instalación se debe tener en cuenta el entorno que lo rodea, por que en un futuro, será la comunidad a la cual pertenece la instalación y tendrá que luchar por su bienestar. Este punto se relaciona mucho con la mano de obra, pues es en esta comunidad donde se generará el trabajo y se buscará conseguir la mano de obra.

Impactos ambientales: El impacto ambiental es un factor fundamental a la hora de construir una nueva instalación. Se deben buscar los medios para reducir los impactos que toda empresa le causa al medio ambiente y entender si la ubicación seleccionada, puede influir en este.

Al observar ambos análisis, se descubrió que la mayoría de las variables halladas en el estudio práctico, están contenidos en el estudio por fases que proponen en su libro Chopra y Meindl, donde se tratan las variables de una forma más general. Por esta razón, para fines de este trabajo de grado, se agruparán las variables halladas para seguir la estructura de decisión por fases estudiada anteriormente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Retomando los componentes de la fase IV, se encuentra que los factores que influyen se pueden dividir así: (Véase Figura 1):

Los que se revisan en la fase II con impactos regionales:

En este grupo se encuentran: **las tecnologías de producción**, que se refieren a la capacidad de reducción de costos por medio de las economías de escala. **Los aranceles o incentivos fiscales**, que se refieren a los impuestos que debe pagar la compañía por su operación en cada región. **La demanda regional**, que se refiere al comportamiento del mercado en la región determinada, su variabilidad y potencial crecimiento. **Riesgo político, tipo de cambio y de la demanda**, donde se debe evaluar el impacto que tendrán estos criterios en el funcionamiento de la nueva instalación.

Los que se evalúan en la fase IV después de tener puntos potenciales de ubicación:

En este grupo se encuentran dos divisiones principales en las que posteriormente se ubicarán las variables encontradas del estudio de la multinacional con presencia en Colombia.

Cotos de Factores: Se refieren a los costos necesarios para la operación de la instalación, tales como: mano de obra, materiales, mantenimiento del sitio, servicios públicos, etc.

Costos logísticos: Son los que se relacionan directamente con el objetivo de la compañía, por ejemplo: el transporte de productos (tanto de importación, como de despacho a clientes), costo de mantener el inventario, entre otros.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Teniendo clara esta división de variables, se presentará la forma como se relacionan estos criterios con los hallados en el caso real analizado (Veáse *Tabla 1*), como no se estudiarán netamente costos, sino otros aspectos que afecten la decisión y posterior funcionamiento de la instalación, se cambiarán los nombres enfocados, en línea con los planteados por Chopra y Meindl.

Apectos logísticos	Apectos de Factores fijos
Costo de transporte	Costos de construccion/Acomodacion
Medios de transporte	Tamaño/Capacidad
Situaciones de emergencia	Costo y disponibilidad de mano de obra del sector
Distancia a puntos de interés	

Tabla 1. "Criterios para la ubicación de puntos de distribución" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez.

Para el caso específico de las multinacionales - comercializadoras en Colombia no se requerirá tener en cuenta el primer grupo de decisiones que afecta esta fase, los que tienen impactos regionales; debido a que, todos los puntos que se seleccionarán se encuentran dentro del mismo país y están diseñados para atender la demanda de éste, por esta razón, estos criterios serán equitativos para cualquier punto seleccionado.

Adicional a esto, se encontraron dos variables durante el estudio del caso, los cuales no pueden ser considerados en los grupos enumerados anteriormente (*Vease tabla 1*), por este motivo, se incluirá un grupo adicional relacionado con la responsabilidad social de la compañía y que tendrá en consideración, los impactos ambientales y la comunidad que rodea el sector, donde potencialmente se ubicará el punto de distribución.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la selección de la ubicación de estos centros de distribución se basará en tres criterios explicados con

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

anterioridad (Aspectos lóísticos, aspectos de factores fijos y responsabilidad social). (Vease figura 2)

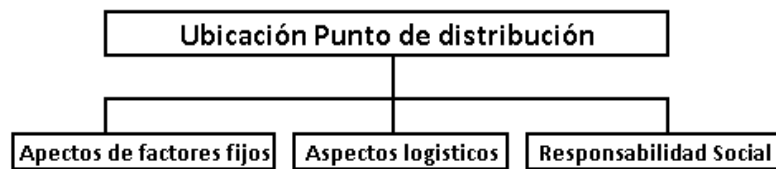


Figura 2. "Esquema Jerárquico para la ubicación de puntos de distribución" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP

Como se ha descrito a lo largo del documento, el foco principal del trabajo de grado será la fase IV con el fin de facilitar la toma de decisiones de ubicación para multinacionales, sin embargo, vale la pena destacar que esta metodología se puede aplicar para diferentes soluciones de problemas multicriterio y allí se pueden encontrar las otras fases expuestas en el texto de Chopra y Meindl, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Para cada decisión que se quiera tomar, se deben establecer alternativas detalladas y variables de decisión.
- La calificación que se le dá a cada una de las variables y alternativas debe ser asignada por una persona conocedora del contexto y factores específicos que pueden afectar la decisión.
- Se debe evaluar la consistencia de las calificaciones de cada alternativa y/o variable.

Teniendo en cuenta que la metodología AHP puede ser fácilmente usada para cualquier problema multicriterio, incluyendo las fases exploradas a lo largo del trabajo de grado, se enumerarán algunas variables y alternativas que deberían ser consideradas para la toma de decisiones en las fases I, II y III.

Fase I:

En esta fase se debe definir la estrategia competitiva que aplicará la compañía y la cadena de suministro que se empleará para suplir el nuevo mercado, por lo que se deben evaluar variables como competencia a la que se enfrentará la empresa (Actua y potencial), la capacidad de plantas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

productoras ya existentes de enviar inventario al nuevo mercado, las vías de acceso al nuevo mercado, las estrategias de los competidores, entre otras; después de este análisis de variables se deben plantear diferentes alternativas, como si construir plantas productoras o transportar el producto desde otras plantas ya construidas y con base a la ponderación de la importancia de cada una de las variables se debe tomar una decisión por medio del proceso jerárquico analítico.

Fase II:

En esta fase, se deben estudiar las regiones en las cuales es posible ubicar los puntos necesarios para comenzar a operar en el nuevo mercado, para esto se deben evaluar variables como la competencia en cada región, los impuestos, la capacidad necesaria, la demanda regional (incluyendo su crecimiento en los futuros años); con base en estas variables, se deben plantear opciones de las regiones en las cuales se podrían ubicar los puntos de interés y teniendo en cuenta la importancia de cada variable y haciendo uso del proceso jerárquico analítico decidirá la región y/o regiones desde las que se suplirá el nuevo mercado.

Fase III:

Después de elegir las potenciales regiones viables para la ubicación de puntos de interés, se deben seleccionar los sitios potencialmente deseables dentro de estas regiones, se deberán evaluar variables como la disponibilidad de transporte, la disponibilidad de terrenos (infraestructura), los métodos que se usarán para la producción y/o almacenamiento según lo definido en la fase I y se enumerarán opciones de sectores específicos donde podría ubicarse el punto de interés definido en anteriores fases, con base en la importancia de cada variable y la visibilidad que brinda el

proceso jerarquico analítico, se definirá el sitio o sitios de interés para la ubicación necesaria.

Fase IV:

Teniendo en cuenta que en esta fase se centra este trabajo de grado, se estudiará a detalle un ejemplo de la aplicación de esta fase con el fin de seleccionar un punto de distribución optimo para una multinacional con presencia en el mercado colombiano.

Después de tener identificados los criterios que harán parte de la toma de decisión, se empleará un modelo que aplica la metodología del proceso jerárquico analítico con el fin de ponderar el beneficio de cada uno de ellos con la prioridad y el impacto que tendrá la compañía por su selección.

Para el modelo de jerarquía analítica requerido, se trabajará con los criterios anteriormente elegidos y con tres alternativas de ubicación que identificó la empresa A a la hora de pensar reducir sus centros de distribución a uno solo.

La estructura anterior de la compañía contaba con tres centros de distribución y diversas plantas alrededor del mundo (una planta productora en Colombia).

La estructura que se buscó en el momento del cambio fue un único centro de distribución y plantas alrededor del mundo (continuando con la planta ubicada en Colombia).

Para llevar este cambio a cabo, la compañía se enfrentó al problema de selección de puntos de distribución, tratado en este trabajo de grado, las alternativas que se plantearon fueron las siguientes:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. **Alternativa 1:** Ubicada en una ciudad donde contaban con un centro de distribución, tiene una ubicación central en el país que permite facilidad para llegar a los diferentes puntos. Se encuentra en una gran ciudad del país, por lo que los costos son más altos.
2. **Alternativa 2:** Ubicada en una ciudad donde contaban con dos centros de distribución y una planta productora. Es también una de las ciudades más grandes y desarrolladas de Colombia.
3. **Alternativa 3:** Ubicada en un municipio cercano a la alternativa dos, con acceso a un aeropuerto internacional, mayor sector rural y menores costos.

Con base en estas alternativas y lo que propone el proceso jerárquico analítico, se estarán generando matrices de 3x3 fundamentadas en los criterios anteriormente hallados y las tres alternativas planeadas por la empresa A, que para el caso teórico serían las halladas en la fase III de la toma de decisión.

Para medir el nivel de importancia se usará la siguiente escala en línea con lo sugerido por el proceso de jerarquía analítica (*vease Tabla 2*). Para la interpretación de estas medidas se debe tener en cuenta que si esta calificación se da a la posición A_{ij} significa la importancia que tiene el criterio i contra el j , es decir si $A_{ij} = 7$, se entiende que el criterio i es muy fuertemente más importante que el criterio j .

Valor	Preferencia
1	Igualmente importantes
2	De igual a moderadamente más importante
3	Moderadamente más importante
4	De moderadamente a fuertemente más importante
5	Fuertemente mas importante
6	De fuertemente a muy fuertemente mas importante
7	Muy fuertemente mas importante
8	De muy fuertemente a extremadamente mas importante
9	Extremadamente mas importante

Tabla 2. "Niveles de preferencia para el modelos AHP" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez

Con base en estos niveles de importancia, las alternativas propuestas y los criterios hallados durante este trabajo de grado, se realizarán las matrices por pares correspondientes.

Los siguientes datos fueron ingresados por una persona del área de logística de la empresa A que será considerado en adelante como el responsable de la ubicación del centro de distribución; estos niveles de importancia fueron estudiados por todo el equipo para asegurar la evaluación de todas las variables que cada criterio y/o alternativa considera.

Inicialmente se evaluarán las tres alternativas en relación a los aspectos de factores fijos:

Apectos de factores fijos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,000	0,250	0,143
Alternativa 2	4,000	1,000	0,333
Alternativa 3	7,000	3,000	1,000
Suma	12,000	4,250	1,48

Tabla 3. "Importancia de los aspectos de factores fijos frente a las alternativas" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez con input del responsable de la ubicación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según lo comentado por la persona encargada, en este aspecto se deben evaluar los costos de construcción, de mano de obra del sector, la capacidad/tamaño requerido, entre otros costos y factores iniciales; teniendo en cuenta que las alternativas 1 y 2 se encuentran entre las ciudades más importantes del país. El costo del metro cuadrado de tierra es más alto, la mano de obra tiene un costo mayor y es más complicado conseguir espacios grandes donde se pueda decidir el tamaño y la capacidad requerida, se le dá mayor calificación a la alternativa 3 en este aspecto.

Ahora, se evaluarán las tres alternativas con relación a los aspectos logísticos (Véase Tabla 4):

Aspectos logísticos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,000	0,200	0,333
Alternativa 2	5,000	1,000	2,000
Alternativa 3	3,000	0,500	1,000
Suma	9,000	1,700	3,333

Tabla 4. "Importancia de los aspectos logísticos frente a las alternativas"Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez con input del responsable de la ubicación.

Dado que en este aspecto se tienen en cuenta los costos y medios de transporte, la flexibilidad de reacción ante situaciones de emergencia, la distancia a puntos de interés, entre otros, la persona encargada seleccionó la alternativa 2 como fuertemente más importante que la alternativa 1 y como de igual a moderadamente más importante que la alternativa 3, teniendo en cuenta que en esta ciudad se encuentra situada la planta que produce una parte muy considerable de las ventas mensuales de la compañía.

Finalmente se evaluaron las tres alternativas en base a la responsabilidad social (Véase Tabla 5):

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Responsabilidad Social			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,000	0,333	0,250
Alternativa 2	3,000	1,000	0,333
Alternativa 3	4,000	3,000	1,000
Suma	8,000	4,333	1,583

Tabla 5. "Importancia de la Responsabilidad social frente a las alternativas" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez con input del responsable de la ubicación

Para este aspecto se evaluó especialmente la comunidad que rodea el sector y los impactos ambientales que generará la nueva instalación. Según lo analizado por las personas de la multinacional, el medio ambiente está mucho más deteriorado en grandes ciudades por las industrias que las han invadido, es por esto que, consideraron a la alternativa 3 como de moderada a fuertemente más importante que la alternativa 1 y moderadamente más importante que la alternativa 2.

Como conclusión de estas tres matrices por pares construidas con el caso de la empresa A, encontramos que para la compañía esas son sus preferencias en cada uno de los factores estudiados:

Aspectos de factores fijos: Alternativa 3

Aspectos logísticos: Alternativa 2

Responsabilidad Social: Alternativa 3

La decisión tomada por la empresa A fue la alternativa 3 y es allí donde actualmente opera el único centro de distribución que suplente la demanda del mercado Colombiano.

Con los resultados de las matrices por pares se puede entender porque se tomó la decisión de construir el centro de distribución en la alternativa 3, sin embargo, no se ha considerado la importancia de cada uno de estos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

criterios. Es decir, no se ha ponderado la importancia e impacto que tiene cada uno de ellos para la compañía; con base a esto se procederá a generar una matriz por pares que relacione los tres criterios estudiados con el fin de cuantificar su nivel de prioridad para la compañía.

La matriz obtenida fue la siguiente (Vease Tabla 6):

	Apectos de factores fijos	Aspectos logísticos	Responsabilidad Social
Apectos de factores fijos	1,000	0,333	4,000
Aspectos logísticos	3,000	1,000	5,000
Responsabilidad Social	0,250	0,200	1,000
Sum	4,250	1,533	10,000

Tabla 6. "Ponderación de criterios" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez con input del responsable de la ubicación

Con esta matríz y muy de la mano con la opinión del área logística de la empresa A, se puede inferir que para la compañía el criterio más importante es el de aspectos logísticos, siendo este moderadamente más importante que los factores fijos y fuertemente más importante que la responsabilidad social.

5.1 RESULTADOS OBTENIDOS

Teniendo en cuenta la metodología del proceso de jerarquía analítica, se encuentra como resultado la siguiente matriz de decisión (Vease Tabla 7):

Criterios	Alternativas			Peso de criterios
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Apectos de factores fijos	0,080	0,265	0,656	0,284
Aspectos logísticos	0,110	0,581	0,309	0,619
Responsabilidad Social	0,120	0,272	0,608	0,096
Resultado promedio	0,102	0,462	0,436	1,000

Tabla 6. "Ponderación final modelos AHP" Fuente: Construcción Diana Carolina Peláez

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Esto indica que la mejor alternativa de ubicación para un punto de distribución teniendo en cuenta los criterios y las alternativas evaluadas es la alternativa 2

Como se ha descrito a lo largo del trabajo de grado, la alternativa seleccionada por la compañía fue la alternativa 3 debido a que no se utilizó una metodología estandar para su selección donde fuera posible ponderar la prioridad e impacto de cada uno de los criterios para la compañía.

Si se analiza a profundidad el caso, se puede evidenciar que a pesar de que en la alternativa 3 se tiene mejor calificación en dos de los criterios estudiados, en la alternativa 2 se tiene una mejor calificación del aspecto más importante para la multinacional, por lo que el resultado de ubicación en la alternativa 2 tiene coherencia con el enfoque de la compañía.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el caso estudiado, se puede evidenciar que la ubicación del centro de distribución de la compañía A no se basó en una metodología como lo es la AHP, por este motivo, aunque se evaluaron las mismas variables, no se tuvo en cuenta la prioridad o impacto de cada una de ellas para el negocio; esto llevó a una decisión diferente a la sugerida por este trabajo de grado.
- AHP es una metodología muy simple, fácil de implementar y de decifrar que puede dar visibilidad muy importante a la hora de decidir la ubicación de un centro de distribución, ya que tiene en cuenta, los criterios, las alternativas y la percepción especial de quien toma la decisión de una manera simple.
- Con el resultado obtenido, se confirma lo que publica Badri en su artículo. La metodología AHP brinda consistencia en la selección de problemas con criterios de decisión basados en la experiencia y es esto lo que se necesita para la ubicación de un punto de distribución, porque teóricamente no se puede ponderar cuál criterio es más importante para la compañía, debido a que cada empresa tiene un enfoque, una visión, prioridades y unos pilares diferentes. (Badri, 1999).
- Es necesario que la persona y/o grupo encargado de ponderar tanto las alternativas, como los criterios para aplicar esta metodología deben tener pleno conocimiento del desempeño, proyección y enfoque de la compañía y deben hacer un análisis detallado de cada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

una de las alternativas, es decir, deben estar involucrados en las fases anteriores de la selección, para entender los motivos por los que fueron seleccionadas las alternativas.

- Para un mejor análisis se recomienda usar más niveles de jerarquía debido a que esto permite ponderar de manera más precisa los criterios a evaluar de acuerdo con las necesidades y prioridades de cada compañía.
- En la actualidad, se están probando diversas formas de distribución (diferentes a centros de distribución) con el fin de disminuir tiempos y costos de transporte, de almacenamiento y logísticos; por ejemplo: embarques directos desde puertos o plantas productoras a sus principales clientes. A causa de ello, es necesario implementar nuevos procesos, los puntos de distribución pueden tener otro enfoque o pasar a un segundo plano de importancia para estas compañías.

7. BIBLIOGRAFIA

- (s.f.). Obtenido de Atlantic International University:
<http://cursos.aiu.edu/Distribucion%20y%20Logistica/PDF/Tema%203b.pdf>
- Aguilar, J. M. (2012). *Herramientas Multicriterio para la selección de proyectos con alto impacto en el desarrollo humano*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Aznar Bellver, J. U. (12 de Octubre de 2013). *Youtube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=M22tLa2_ICM
- Badri, M. A. (1999). Combining the analytic hierarchy process and goal programming. *International Journal of Production Economics*.
- Barda, O. (1990). Multi-criteria location of thermal power plant. *European Journal of Operational Research*, 332-346.
- Canbolat, Y. B. (2007). Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility. *Omega*.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro*. Mexico: Pearson.
- Fernández, I. (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. *Journal of Cleaner Production*.
- Haghani, A. (1991). 70th annual meeting of the Transportation Research Board. *Multi-criteria decision making in location modeling*. Washington.
- Honey, M. (1994). Location planning of airport facilities using the Analytic Hierarchy Process. *Logistics and Transportation*, 79-94.
- Partovi, F. Y. (1990). Application of Analytical Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Tanha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones*. Pearson.
- Tofigh, A. (1996). Decision making on the location of industries in. *Proceedings of the International Symposium on AHP*. Vancouver.
- Tornatore, A. (2008). *Decisiones sobre distribución*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos915/decisiones-sobre-distribucion/decisiones-sobre-distribucion2.shtml>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Tuzkaya, G. (2008). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: an example from Istanbul,. *J Environ Manage*, 970-983.
- Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.